

暗キヨ排水の施工改良に関する研究(6)

誌名	農業土木試験場報告
ISSN	05495725
著者	田地野, 直哉 橋村, 千寿子 根岸, 久雄 守谷, 貢 森川, 正雄
巻/号	5号
掲載ページ	p. 87-97
発行年月	1967年1月

暗キヨ排水の施工改良に関する研究 (6)

(暗キヨ排水用塩ビ管の材料試験)

田地野直哉*・橋村千寿子*・根岸久雄*・守屋貢*・森川正雄**

目 次

I 緒 言	87	3. 耐圧試験	92
II 塩ビ管暗キヨの材料試験	88	4. 曲げ試験	95
1. 吸水率試験	88	参考文献	96
2. 粗度係数	91	Summary	97

I 緒 言

どのような機械施工においても工期および工費の問題が大きく考えられているが、材料施工については十分な検討と管理がなされていないようである。最近行なわれるようになった暗キヨ排水の機械施工についてもその感が深い。

本題にはいる前に機械施工の欠点について明らかにし、これらの欠点を補う方法を考えてみたい。大きく2つに分けて考える。すなわち短期施工の欠点と新材料(塩ビ管暗キヨ)の欠点である。

はじめに短期施工の欠点について述べる。従来の人力施工にはつぎのような特長(利点ともいえる)があった。すなわち施工時に人がみぞ底にはいるため十分大きな掘削断面を採っていることで、これは暗キヨ排水機能上から考えて土の透水性を増すために有利であった。なお掘削の場合1回掘り、2回掘りと十分時間をかけて排水しながら、しかも表土と心土を掘り分けて土を乾燥分解しながら最後に仕上げ掘りで規定のみぞ底を整形し、人がみぞ底にはいって土管を1本1本、ワラ・松葉などの保護材で包んで丁寧に設置した。そのあとで十分風乾した土を掘り上げた順に埋め戻した。したがって暗キヨ管周辺の土の透水性が高く、掘削断面積も大きいので暗キヨ排水機能上有利な施工法である。

機械施工は以上の有利な諸点をすべて無視するような施工法であるために、これらを補う方法を考えなければならぬ。すなわち暗キヨ排水に先行して地区内排水システムの整備改修を実施すること、施工時は降雨後とか地表排水不十分のまま土をこね返すようなことをしないで好天候でなるべく乾燥する時期を選ぶこと、暗キヨ管を設置したあとの埋め戻しは、管を安定させる程度の少量

の覆土にとどめ大部分の掘削土は十分風乾し、また掘削したみぞから排水した後に覆土することなどがあげられる。

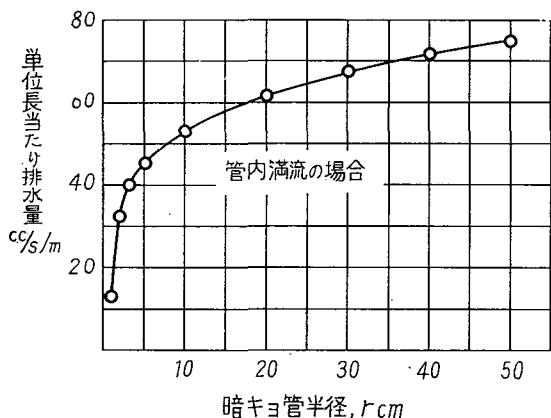
つぎに新材料(塩ビ管暗キヨ)の欠点を述べる。塩ビ管は軽量であって取扱いに便という利点があるが、その反面に、つぎのような欠点が考えられる。それは暗キヨのみぞ底に管を設置した場合に、土管のように安定しない。特にワラ・松葉などの保護材料を使用したときは、塩ビ管暗キヨを設置したときに波状起伏を生じさせる原因となる。したがって保護材料は管の下側に入れないで管の両側と上部に置くことが大切である。

塩ビ管を埋設するときの原則は保護材料を使わず、砂土のときのみグラスファイバーか、またはプラスチック繊維の保護が必要とされている。しかし実際には一般の土壌においてグラスファイバーか、プラスチック繊維の保護の外側にさらにワラや松葉などの保護材料を使う傾向である。その理由としてつぎのようなことがいえる。塩ビ管の場合は管径が小さく、土管の直径が7~10cmに対して塩ビ管は4~7cmが普通であること。また土管の場合にワラなどの保護材料を使うので、吸水体外径がさらに大きく20cm以上になるために塩ビ管の単位長当たり排水量の方が少ないという欠点があるためである。

一般に管径と排水量との間には Fig. 1 に示すような対数関係があって、直径10cmを境にして排水量が大きく変化する¹⁾。暗キヨ延長などの条件が変わればこの変曲点の位置も多少移動する。

Fig. 1の場合に直径5cmの塩ビ管と、土管にワラなどの保護をして直径20cmになった場合との排水量の比較では約1.5倍の差となる。このことは施工後1~3年間の排水効果をねらいとする場合に、塩ビ管を使用するときでもワラや松葉によって保護し、吸水体外径を

* 土地改良部 ** 水資源開発公団(元土地改良部)



(条件) 暗キヨ間隔 (L)=9m
 暗キヨ深 (H)=0.9m
 暗キヨ延長 (l)=40m
 不透水層深さ (d)=0.5m
 水の摩擦損失係数 (ζ)=0.03
 透水係数 (k)= 3.4×10^{-3} cm/s

(注) k が大になれば曲線は k に比例して高くなる。
 延長(l)が大になれば変曲点が半径大の方に移動する。

Fig. 1. 暗キヨ管径と排水量の関係
 Relation between radius of underdrain and discharge per unit length

20cm以上にする必要性を示すものである。

ただし、実際施工の場合には、前述したように土管のときは自重で下敷きのワラや松葉を押え安定するが、塩ビ管の場合は軽いため埋設時に管の下には、ワラや松葉などを置かないで管の両側および上部に置くことが大切である。また施工後不同沈下などによって管路に高低がつくと高い部分に外気としゃ断された部分を生じ圧力を持つため集水・通水を阻害するので、この部分の通気を助けるためにワラなどの保護材料を使用するのは有効である。

排水効果を5~10年と長期に考えた場合には、有機物であるワラや松葉の腐朽することによって吸水体の直径も小さくなり、最悪の場合は土管は保護材料の無い裸埋めの状態となって排水量が $1/10$ 程度¹⁾まで低下したり、また管内に腐朽物が土砂とともに流入し、通水量が制限されることなどが考えられる。また、塩ビ管の場合はワラや松葉の腐朽物がグラスファイバーなどの保護材料やスリットの目をつぶして、排水量の低下をまねくおそれがある。これらの害についてはまだ完全に実証されていないが、ホ場条件にしたがって対処しなければならない問題である。

塩ビ管は管径が比較的小さいので、暗キヨ全長に対して通水能力を十分持った管径でなければならない。これは土壌の現場透水係数と暗キヨのコウ配から求めることができる。ただし、砂土の場合やキ裂が多くて現場透水

係数の過大な地区では一時的に管を満流することもやむを得ないが、管径70~90mm程度の大きい塩ビ管を使うことが望ましい。いずれの場合も、全長均一に排水されるように、上流から下流にわたり、計算によって管径を2~3種類に分けて配置することが経済的であり、均一な排水が期待できる。

以上のような諸点に留意しなければならないが、施工技術の発展のためには、暗キヨ材料をよく知る必要がある。塩ビ管暗キヨの利点およびその構造については、農土試報3号において述べたが²⁾、本報告では材料試験の結果について述べる。

II 塩ビ管暗キヨの材料試験

塩ビ管暗キヨは日本工業規格(JIS-K 6741)に規定されている硬質塩ビ管を使用する。すなわち、引張り強さ 4.8 kg/mm^2 以上、 30 kg/cm^2 の水圧に対して水漏れなどの異状がないこと、耐燃性試験・浸セキ試験に合格したものである。

塩ビ管暗キヨの構造寸法は外径40~90mmまで肉厚1~1.4mm・有効長2.5~6mでスリット間隔はその1m当たり総透水断面積が3寸土管暗キヨ(外径10cm)における継目総透水断面積(約 3.5 cm^2)の約2倍の 7.5 cm^2 になるような各種スリットまたは円孔を設ける。ここで試験したスリットは $30 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ シングルスリット、 $30 \text{ mm} \times 0.5 \text{ mm}$ ダブルスリット、 $10 \text{ mm} \times 1.5 \text{ mm}$ と $12.5 \text{ mm} \times 1.5 \text{ mm}$ のクロススリット、直径3.5mmの円孔である。

なお、これらスリットから地下水と一緒に土砂の流入することを防ぎ、また地下水をスリットまで導く役目を持たした保護材としては、グラスファイバーシートまたはプラスチック繊維シートが使われる。使用するグラスファイバーシートは単繊維径16ミクロン程度のもの、バインダーは普通水溶性が使われるが、目的によってはそのほかのバインダーを使う。シート厚0.25mm以上、シート幅10cm以上、これを巻くときは重なり1cm以上、使用量は保護面積 1 m^2 当たり80g以上が望ましい。

プラスチック繊維シートの場合はシート厚0.4mm以上、使用量は保護面積 1 m^2 当たり40g以上が望ましい。

1. 吸水率試験

暗キヨ排水の場合に全水頭の大部分が暗キヨ付近で消費されるので、竹・ソダ・土管など各種暗キヨ管および保護材料の相違によって管内に流入する地下水量が大きく変化することはすでに明らかにされ「各種暗キヨ材料の透水度について」¹⁾と題して農技研報告F13において報告した。

すなわち地下水が暗キヨ管内に流入する場合に問題となる要素としては水位差 (h)・透水係数 (k)・暗キヨ間隔 (L)・深さ (H)・不透水層の深さ (d) などの条件と、排水水温 (t)・暗キヨ径 ($2r$) (保護材料など含めた透水体径)・暗キヨ材料の相違・保護材料の有無などがあげられる。このうち前記水位差以下5条件は一定条

件にそろえることができる。ただし透水係数は後述するように一定値を得るように埋設する。

つぎに水温以下4条件は、それぞれ異なる条件として比較しなければならないので、Fig. 2 のような実験装置を使って吸水率 (k_s) を求めて比較した。

吸水率はつぎの式を使った。

$$\text{吸水率 } (k_s) = \frac{\text{実測排水量 } (Q)}{\text{理論排水量 } (Q_0)} \quad (1)$$

理論排水量 (Q_0) は著者が得た (2) 式³⁾から求める。

$$Q_0 = 2\pi kl(r-h) \left[\log_e \frac{r(L^2+r^2)(r+2d)\{L^2+(r+2d)^2\}(4H+2d-r)\{L^2+(4H+2d-r)^2\}}{(2H-r)\{L^2+(2H-r)^2\}(2H+2d+r)\{L^2+(2H+2d+r)^2\}(2H+2d-r)\{L^2+(2H+2d-r)^2\}} \right]^{-1} \quad (2)$$

(2) 式はつぎに示す D. Kirkham の式⁴⁾の値とよく一致する。

$$Q_h = 2\pi kl(t+d-r) \left[\log_e \frac{\tan \frac{\pi(2d-r)}{4h}}{\tan \frac{\pi r}{4h}} + \sum_{m=1}^{\infty} \log_e \left\{ \frac{\cosh \frac{\pi ma}{2h} + \cos \frac{\pi r}{2h}}{\cosh \frac{\pi ma}{2h} - \cos \frac{\pi r}{2h}} \cdot \frac{\cosh \frac{\pi ma}{2h} - \cos \frac{\pi(2d-r)}{2h}}{\cosh \frac{\pi ma}{2h} + \cos \frac{\pi(2d-r)}{2h}} \right\} \right]^{-1}$$

D. Kirkham の式の符号 t, h, d, a は、Fig. 2 の符号 ($h-H$), ($H+d$), H, L と対応する。

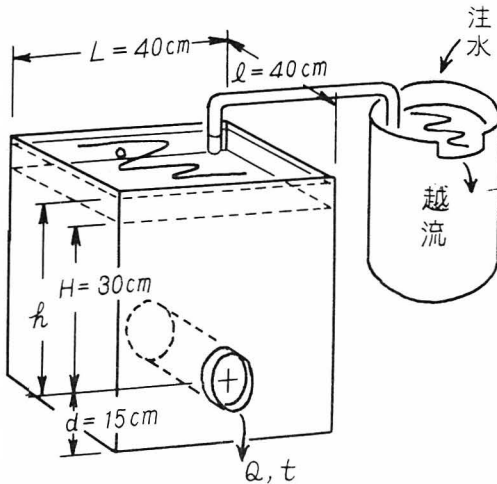


Fig. 2. 吸水率試験
Test tank of drainage effectiveness

ただし、透水係数 (k) は実験的に求める。すなわち、Fig. 2 の水槽に150メッシュ金網管 (外径 $2r=10\text{cm}$) を所定の位置に固定し栓をする。そのあとで水槽内を満水する。ここに豊浦標準砂 (149~210 μ 97%以上) を水面から徐々に落として $H=30\text{cm}$ の位置まで静かに詰める。定水そうと水そうとをサイホンで連絡し、測定開始1分前に暗キヨの栓を静かに抜き1分後に最初の観測を Q, h, t について行なう。以後10分置きに測定を続け、60分後の値を計算に使用する。この60分後の Q, h の値から (2) 式を使って水温 $t^\circ\text{C}$ のときの k を求め k_t とす



Fig. 3. 吸水率測定状況
Measurement of drainage effectiveness

る。

つぎに任意の暗キヨ材料を所定の位置に固定し、前に行なった順に標準砂を詰める。このときの詰め方は常に上記標準試験と同じ詰め方にする。たとえば、水面スレスレの所から一定量の標準砂を静かに水にときながら落とし、詰め終るまでに約40分とする。前と同様に Q_1, h_1, t_1 を測定し、60分後の値について理論排水量を計算する。このとき水温が初め求めた金網暗キヨのときの水温 (t) と異なるときは次式で k_{t1} を求める。水温が 5°C 以上異なるときや測定者が変わったときは、基準値 (金

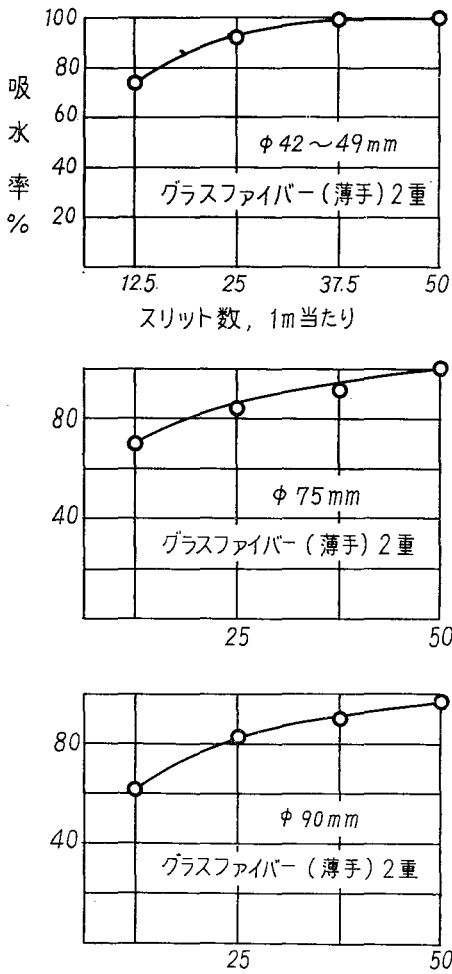
網)を追試する必要がある。 $k_{11} = k_t \times \mu_t / \mu_{11}$ ただし μ_t は $t^\circ\text{C}$ の水の粘性係数である。

この k_{11} と h_1 を使って (2) 式から Q_0 を求める。実測値 Q_1 との比がこのときの暗キヨ材料の吸水率である。

$$\therefore k_s = Q_1 / Q_0$$

以上のようにして各種条件下にある塩ビ吸水管の吸水率を求めた結果をつぎに示す。

まず、スリットの数ほどの程度でよいかということを知るための試験を行なった。前記のスリット4種(30mm × 1mm シングル・30mm × 0.5mm ダブル・10mm × 1.5mm と 12.5mm × 1.5mm のクロス・ $\phi 3.5\text{mm}$ の円孔)についてスリット数1m当たり12.5, 25, 37.5, 50個, 円孔は40, 80, 120, 160個の場合の吸水率を見た。



(注)円孔は $\phi 3.5\text{mm}$ が1m当たり 40, 80, 120, 160に相当

Fig. 4. スリット数と吸水率

Relation between the number of perforation and drainage effectiveness

その結果は Fig. 4 のようになった。以上の試験は保護材料としてグラスファイバーシート(薄手)の2重巻きを使った。

つぎに保護材料はどの程度がよいかということを知るための試験を行なった。

前記スリットで1m当たり25個のものについて保護材料の無い場合, グラスファイバーシートの薄手と厚手のものについて1重巻き・2重・3重・4重・5重巻きの場合にそれぞれの吸水率を見た。

その結果は Fig. 5 である。ただし保護材料無しとい

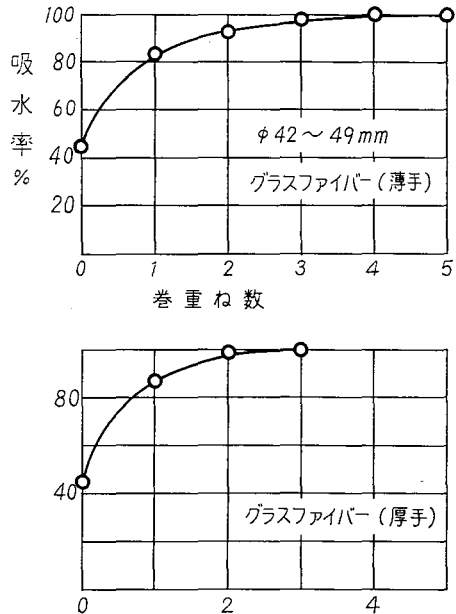


Fig. 5. グラスファイバー重重ね数と吸水率

Relation between the number of overlapping of grass fiber mat and drainage effectiveness

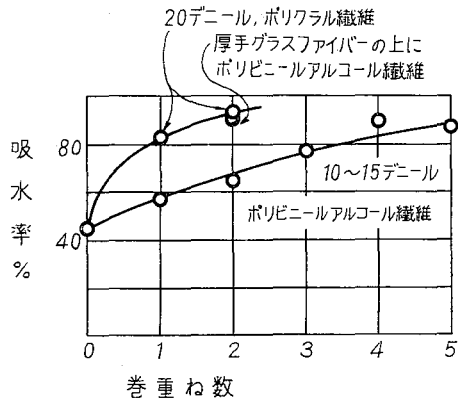


Fig. 6. プラスチック繊維巻重ね数と吸水率

Relation between the number of overlapping of plastic fiber mat and drainage effectiveness

うのは、スリット部分のみに 150 メッシュ金網をセロテープに窓をつけて固定したものである。

最後にグラスファイバーシートの代わりにポリビニールアルコール繊維・ポリクラル繊維などのプラスチック繊維を使った場合の吸水率を見た。その結果は Fig. 6 である。

以上の実験結果からつぎのことがわかった。

① Fig. 4 からスリット数は管径40~50mmの場合に吸水率90%以上を示すものとして 1m 当たり 25個、円孔の場合80個で十分である。ただし管径が70mm以上になると吸水率が80%程度となって 1m 当たり 25個でもほぼ満足できるが、90%以上を望むならば1m 当たり 37.5個、円孔の場合120個が必要である。

② Fig. 5 からグラスファイバーシート 1重巻きで吸水率80%以上を示すので、ほぼ満足できるものと思う。保護材料なしの場合は45%を示しているので、保護材料は吸水を助長する役目を持っていることを証明している。

③ Fig. 6 からポリビニールアルコール繊維 (10~15 デニール) よりポリクラル繊維 (20デニール) の方が 1重巻きで吸水率80%以上を示し、ほぼ満足できる。ただし、グラスファイバーシートの上に更にポリビニールアルコール繊維を重ね巻きにした場合は90%以上になって十分である。土質の違いによる吸水率の変化が考えられるので今後検討を加える。

2. 粗度係数

塩ビ吸水管の粗度係数 (n) は今までガラス管の粗度係数0.009を使っていたが、Fig. 7 に示す実験装置によって実測した。

流量 (Q)・上下流管内水位 (h_1, h_2)・水温 (t) を実測し、つぎの Manning の式から粗度係数を求めた。

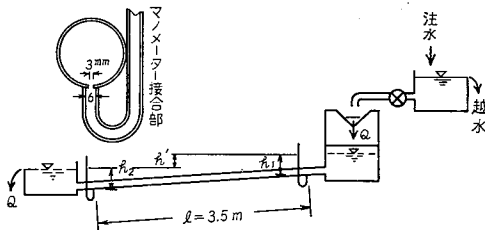


Fig. 7. 粗度係数測定見取図

Elevation of measuring equipment for coefficient of roughness

$$Q = A \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \dots \dots \dots (\text{m単位}) \dots \dots (3)$$

A : 通水断面積

R : 径深, $R = A/P$, P は潤辺

I : 動水コウ配

塩ビ吸水管径45mm (内径43mm) について内面平滑とシングルスリット (25個/m) 付きとについて、初め満流状態で11回の測定を行ない、その測定値で粗度係数と流速の関係を示したのが Fig. 8 である。つぎに管内に自由水面を持つ場合で管のコウ配が $1/300 \sim 1/600$ の二種について 3回ずつ行ない、各測定点について粗度係数と直径に対する水深比との関係を Fig. 9 に示し、曲線式を求めた。なお、以上の実験におけるレーノルズ数 Re は 2,000~50,000 であって、層流の範囲にはいっていないが、管径が過小であるので Re 10,000 以下 (流速 30cm/s 以下) では粗度係数が増加している。

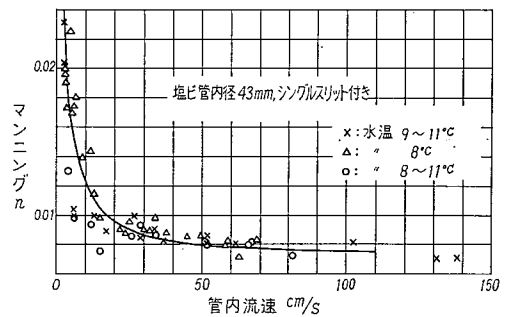
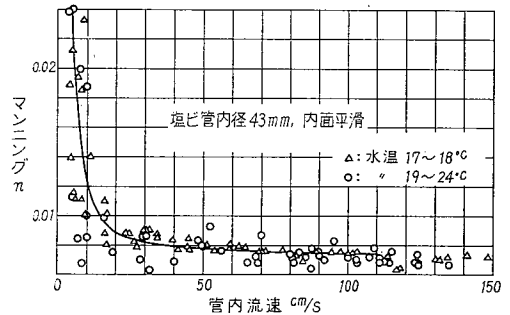
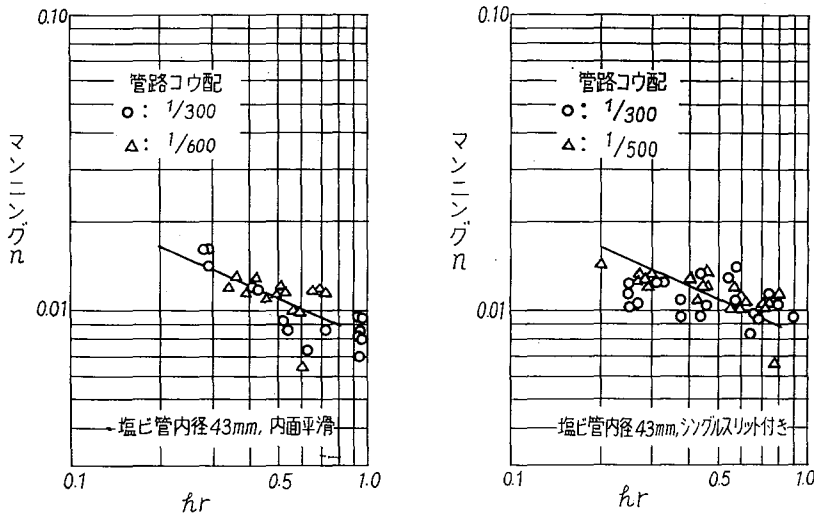


Fig. 8. 塩ビ管満流管路の粗度係数曲線
Roughness coefficient curve of full pipe flow in PVC pipes

Fig. 8.・Fig. 9. の実験結果からつぎのことがわかった。

① 内面平滑とシングルスリット (25個/m) とでは粗度係数はほとんど同じである。

② 満流の場合の粗度係数は 0.008 である。ただし、管内流速 30cm/s 以上・動水コウ配 0.0026 以上・水温



(注) h_r は管内径に対する水深比であってこのグラフは管内径43cmを1.0とした。水温6~15°C

Fig. 9. 自由水面を持つ塩ビ管管路の粗度係数曲線

Roughness coefficient curve of PVC pipe which has free water surface

8~24°Cである。

③ 上記②の流速・動水コウ配以下の場合には粗度係数が Fig. 8 に見られるように増加する。

④ 管内に自由水面を持つ場合の粗度係数は Fig. 9 のようにそれぞれの直径に対する水深比にしたがって変化する。その曲線式はつぎに示すもので、水温は6~11°Cであった。ただし h_r は管内径に対する水深比であってこの場合水深43mmを1とした。なお適用範囲は0.2 < h_r < 0.8 である。

$$n = 0.0082 h_r^{-0.415} \quad (\text{内面平滑およびシングルリット付きの場合})$$

3. 耐圧試験

塩ビ吸水管の肉厚は主として価格の点から1~1.5mm という薄いものである。このために暗キョとして土中に埋めた場合に、その上にかかる土壌の重量と地表を通過する農作業機による集中荷重によって管にヒズミを生ずるので、その程度を知ることが必要である。

一般に暗キョの強度は埋設深の浅いときは農作業機械などの通過による集中荷重が、また深いときは土壌による等布荷重が重要となる。人力施工あるいは機械施工による塩ビ管暗キョの場合、上記2つの荷重について特に

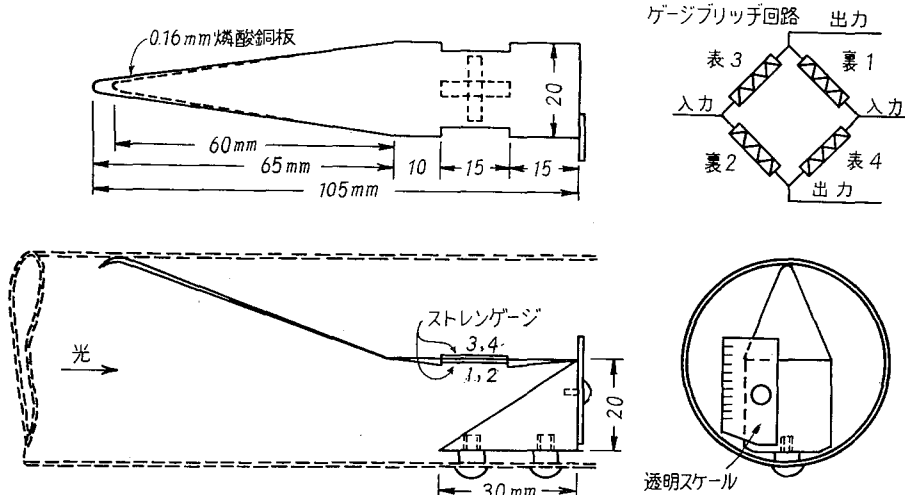


Fig. 10. 管径ヒズミ計 Vertical strain meter of PVC pipes

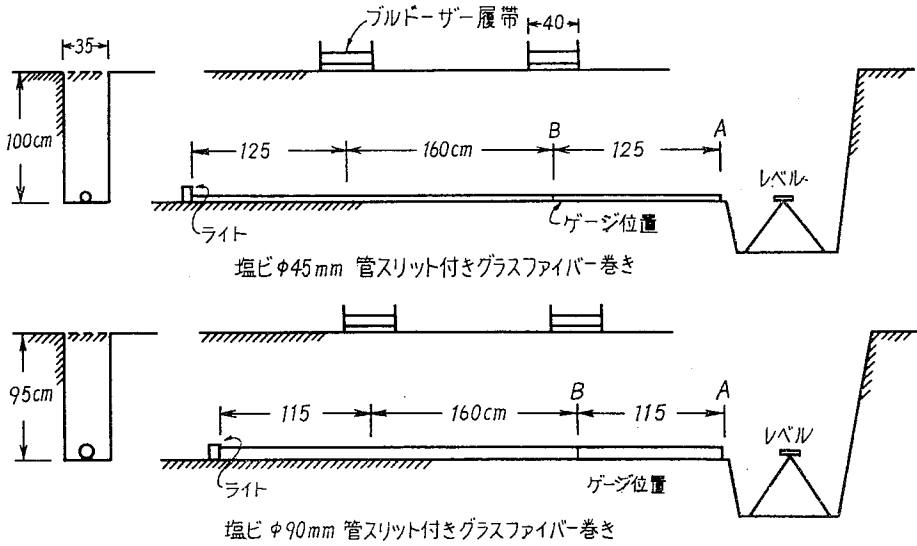


Fig. 11. 耐圧試験のための暗キヨ埋設状況
Setting of PVC pipe for bearing capacity tests

支配荷重 (Controlling load) に関する深さの限界については未知なので理論的に求めることは困難である。したがって実際にトレンチャーで掘削したみぞに塩ビ吸水管を埋設し、覆土による土圧と地表を走った機械の集中荷重によってどのように塩ビ吸水管にヒズミとタワミと沈下を生ずるかを相模原転圧実験ホ場において実測した。

測定の場合、管径のヒズミについては Fig. 10 のように抵抗線ヒズミ計を使い、タワミおよび沈下は Fig. 10・Fig. 11 のように管内にゲージを固定して外からレベルで観測した。

なお、測定条件はつぎに示すものである。

土質は JIS-A 1204 による粒度試験の結果 Fig. 12 に示すように砂質ロームであった。土の状態は Table 1 に示すものであり、土の真比重は JIS-A 1202 によって深さ 10~80cm までの 4 点平均で 2.71 であった。

走行機械は小松 D-50 ブルドーザーで重量 9.5 t・履帯距離 1.6 m・履帯幅 40 cm・接地圧 0.45 kg/cm² である。測定結果は Fig. 13・Fig. 14 のようになった。なお φ 45 mm 管の耐圧試験終了直後、埋設管のそばに置いた土圧計の読みは機械走行時に側圧 0.045 kg/cm²・垂直圧 0.23 kg/cm² を示した。また予備試験として平塚砂土において行なった耐圧試験結果は Fig. 15 に示す。

Table 1. 測定前後の土の状態
Soil condition before and after measurement

自然状態の土									
深さ cm	湿土重 g/cm ³	含水比 %	仮比重 g/cm ³	容積重			孔ゲキ率 %	土壌硬度 山中式 mm	備考
				土 %	水 %	空気 %			
10	1.50	66.7	0.90	33.3	60.1	6.6	66.7	2点平均, 硬度のみ 10点平均 40. 11. 12	
50	1.44	90.7	0.75	27.9	68.4	3.7	72.1		
100	1.40	93.1	0.73	26.8	67.7	5.5	73.2		
埋戻用土	0.86	52.8	0.56	20.4	30.0	49.6	79.6		
転圧試験後の埋め戻し土									
深さ cm	湿土重 g/cm ³	含水比 %	仮比重 g/cm ³	容積重			孔ゲキ率 %	備考	
				土 %	水 %	空気 %			
10	1.55	70.6	0.91	33.1	64.0	2.9	66.9	2点平均 40. 12. 9	
50	1.41	82.8	0.77	28.6	63.9	7.5	71.4		
80	1.03	55.1	0.66	24.5	36.3	39.2	75.5		

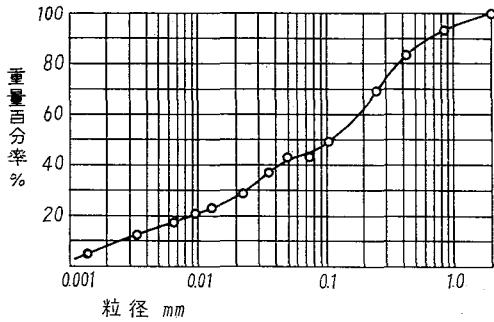


Fig. 12. 相模原実験転圧ホ場心土の粒度分布
Grading curve of subsoil at SAGAMIHARA test field

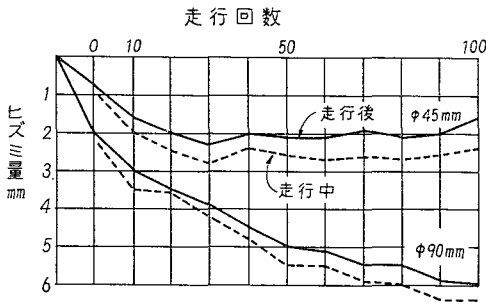


Fig. 13. 管径ヒズミ曲線
Vertical strain curves of PVC pipe

以上の実験結果からつぎのことがわかった。

① 埋戻し土による管径ヒズミは、Fig. 13 の走行回数0点の値からわかるように、 $\phi 45$ の場合に 0.8mm ・ $\phi 90$ で 2.0mm 、Fig. 14 の走行回数0点の値からわかるように、沈下は $\phi 45$ で 3.2mm ・ $\phi 90$ で 6.5mm 、タワミは $\phi 45$ で 2.2mm ・ $\phi 90$ で 5.6mm であることがわかる。なお、管の肉厚は $\phi 45$ で 1.0mm ・ $\phi 90$ で 1.2mm であって、上記ヒズミ量はわずかであり問題はないが、軟弱地質における試験が必要である。

このときの管にかかる土圧を Marston の荷重解析によると、機械施工による塩ビ管暗キヨは projecting-type conduit であって、暗キヨ管にかかる荷重 W_c は次式で表わされる。

$$W_c = C_c \cdot W \cdot B_c^2$$

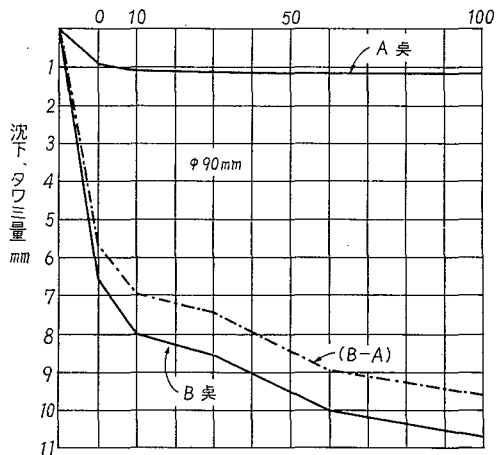
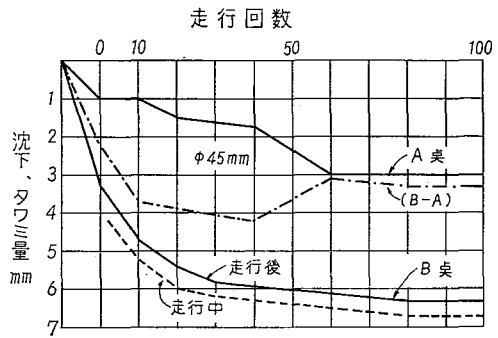
C_c : projecting conduit の荷重係数で Spangler の $C_c \sim H/B_c$ curve から求める。

W : 埋戻し土の単位重量

B_c : 暗キヨの外径

$B_c = 4.5\text{cm} = 0.148\text{ft}$, $H = 95.5\text{cm} = 3.14\text{ft}$,

$W = 1.8\text{g/cc} = 112.4\text{lb/ft}^3$,



(注) A, B 2突の沈下量の差 (B-A) がタワミ量である

Fig. 14. 耐圧試験における管の沈下および縦方向のタワミ曲線
Sinking and sag of PVC pipe in the bearing capacity tests

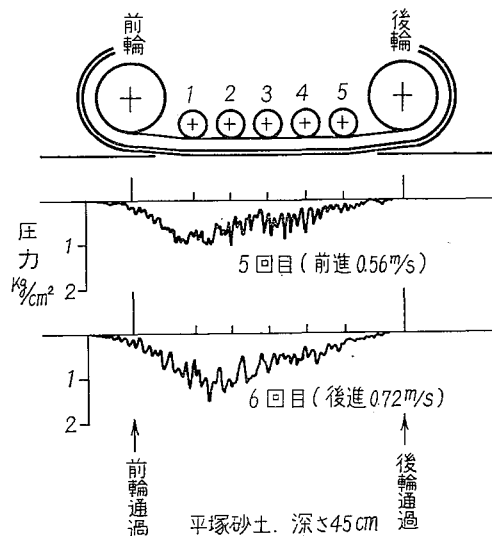


Fig. 15. 小松D-50ブルドーザー走行による土中圧力
Pressure in subsoil by passing of the 9.5-ton bulldozer

$H/B_c=21.2$, $C_c=40.1$ (ft 単位)

$$\therefore W_c=40.1 \times 112.4 \times 0.148^2=98.73 \text{ lb/linear ft}$$

したがって、暗キヨにかかる荷重強度 W_g は、 0.33 kg/cm^2 である。

② 埋戻し後9.5トン・ブルドーザーの走行を行なった状況は Fig. 13・Fig. 14 のとおりであるが、管径ヒズミは $\phi 45$ で最大2 mm程度・ $\phi 90$ で6 mm程度を示し、沈下はみぞ底の状況にもよるが最大値は $\phi 45$ で6.3 mm・ $\phi 90$ で11 mm程度である。またタワミの最大は $\phi 45$ で4.2 mm・ $\phi 90$ で9.6 mm程度である。

③ 100回走行させた後、走行によって管が受ける圧力は側圧 0.045 kg/cm^2 、垂直圧は側圧の約5倍の 0.23 kg/cm^2 を示し、この荷重によって管径ヒズミが $\phi 45$ は 0.8 mm ・ $\phi 90$ は 0.5 mm 程度、またタワミは $\phi 45$ で 0.4 mm 、また $\phi 90$ で 1.1 mm 程度を示している。なおこのヒズミは機械の走行後は消えてしまう。Schilfgaarderによれば、側圧は垂直圧の $0 \sim 0.2$ 倍に相当するといわれ、これと一致する⁵⁾。

④ Table 1 の測定前後の埋戻し土の状態を見ると、表層 $0 \sim 20 \text{ cm}$ が機械走行によってよく締め固まり、この部分が、みぞの両側壁にアーチ状になって一体化し、 $20 \sim 50 \text{ cm}$ の間はほぼもとの状態に転圧されるが、暗キヨ付近は埋め戻し直後の膨軟な状態が幾分縮まった程度であった。

⑤ D-50 ブルドーザーの土中垂直圧力は Fig. 15 に示すとおりであって、平塚砂土における深さ 45 cm の広幅みぞに埋設したものである。後進の場合に極大値が大きく、前進の場合に幾分平均化した値を示す。管径 45 mm のときのヒズミは埋戻し土圧によって 2.5 mm を示し、転圧による管径ヒズミは4回通過後ではほぼ一定値の 1 mm 程度であった。転圧によるヒズミの量は小さいので、前後進走行によるヒズミの差は見られない。

⑥ 耐圧試験の結果では十分耐えることがわかったが、レベルで管内観測をしてわかったことは、管に直接レキなどが接する部分に変形していることである。すなわち実際施工するときは十分膨軟にした土を埋め戻し、直接固形物を管に接しないようにすることが必要である。なお埋設深が $60 \sim 70 \text{ cm}$ 程度の場合、軟弱地盤における試験を行なう必要がある。

4. 曲げ試験

塩ビ管はある程度の弾力性を持っているが、前項においても述べたように、肉薄管であることから輸送途中とか機械施工のときの敷設時に破損することが考えられるので、管の曲げ強さがどの程度であるかを知っておく必

要がある。なお再製品の場合は JIS-K 6741 で定められた引張り強さ 4.8 kg/mm^2 以下であることがあるので注意を要する。

曲げ強さの試験として Fig. 16 のような装置で破壊試験を行なった。すなわち支間 $15 \times D$ (管外径) に材料(長さ $25 \times D$) を支えて、その中央に集中荷重を加え、タワミ量と荷重を測定した。測定は1964年8月13日～22日に行なったもので、平均気温は $26.3 \sim 28.2^\circ \text{C}$ であった。塩ビ管は $\phi 45$ (肉厚 1 mm) でスリットの無いものと有るものについて行ない、測定結果は Fig. 17 のごとくになった。

以上の実験結果からつぎのことがわかった。

① Fig. 17 は荷重-タワミ曲線であって、それぞれの最大値が破壊点である。No. 1～No. 7 はスリットの無いもの、No. 8～No. 11 はスリットの有るもので、両者の間に明らかな差が認められないようであるが、ビニール管フックの場合は差が認められた。

② 破壊荷重を最大荷重として、それぞれの曲げ強さ B_s を次式で求めると、Fig. 17 の () 値で示すようになる。すなわちビニール管フックの場合を比較すると、スリット無しの方が曲げ強さが 60 kg/cm^2 大である。

$$B_s = Pl/4z \quad P: \text{最大荷重, kg}$$

$$l: \text{スパン, cm}$$

$$z: \text{断面係数, cm}^3$$

③ 破壊強度は、 $20 \sim 30 \text{ kg}$ であって、そのときのタワミは支間 67.5 cm に対して $2 \sim 3 \text{ cm}$ 程度である。

④ 曲げ強度は $\phi 45 \text{ mm}$ 管の場合、ビニール管フックで 300 kg/cm^2 が必要である。ただし管径の差によって異なり、 $\phi 90 \text{ mm}$ になると 100 kg/cm^2 が必要である。

⑤ 荷重をかけるフックの形によって、破壊強度が変わる。Fig. 16 に示す $\phi 6 \text{ mm}$ ビニール管フックの方が、管円周に沿って荷重が平均にかかるために約20%程大き

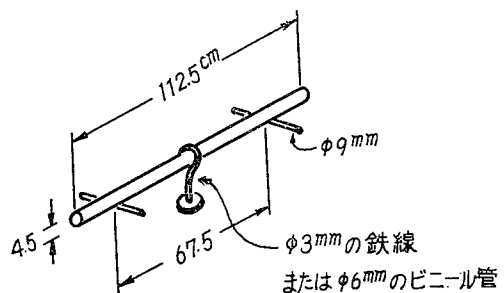
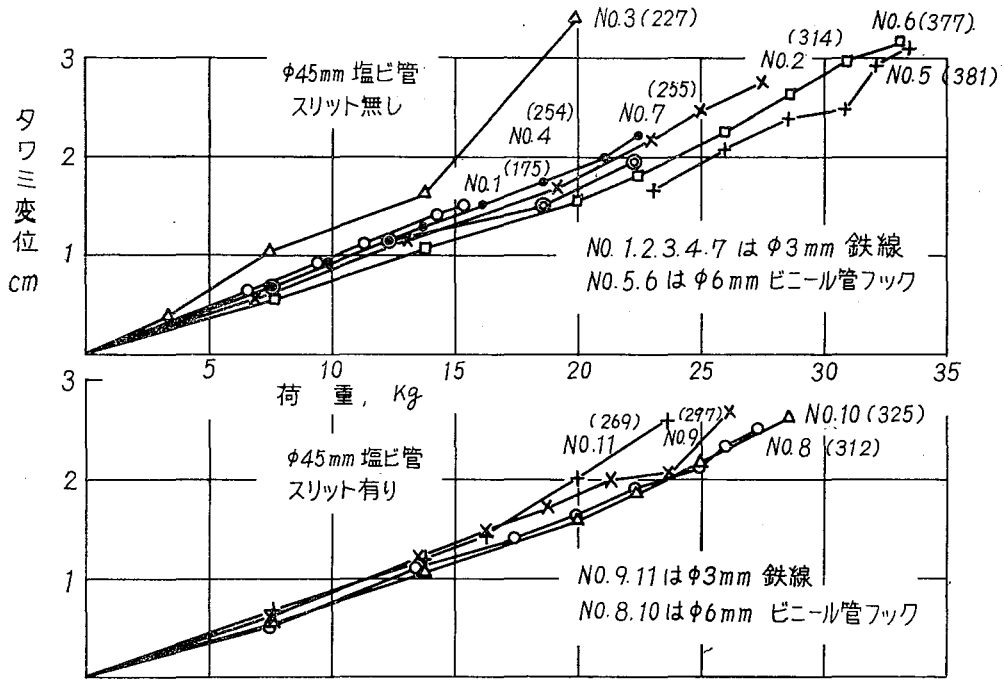


Fig. 16. 曲げ試験
Bending test equipment



(注) () 値は曲げ強さ, Kg/cm²

Fig. 17. 塩ビ管曲げ試験
Sag-load diagram by bending tests of PVC pipe

い値を示す。

⑨ 機械施工のとき管を十分湾曲させる必要のあるときは、スリットを管長に対して直角にすることが考えられる。

参考文献

1) 田地野直哉 (1963) : 各種暗キヨ材料の透水性について, 農技研報F13.
2) 田地野直哉ほか4名 (1965) : 暗キヨ排水の機械

施工, 農土試報3号.

3) 田地野直哉 (1960) : 施工面から見た暗キヨ排水の二, 三の問題. 土地改良, 10巻5号.
4) Kirkham, D. (1949) : Flow of Ponded Water into Drain Tubes in Soil Overlying an Impervious Layer, Trans. Am. Geophys. Union, 30 : 360-385
5) Jan Van Schilfgaarde (1951) : Effect of present Installation Practices on Drintile Loading, Agr. Eng. Vol. 32, No. 7.

Studies of Improved Execution Techniques of Underdrainage (Part 6)

Material Test on PVC Pipes for Subsurface Drainage

Naoya TAJINO, Chizuko HASHIMURA, Hisao NEGISHI,
Mitugu MORIYA and Masao MORIKAWA

Summary

Subsurface drainage has been widely practiced for many years in the paddy fields of Japan, as it furnishes the following benefits to agriculture. It will produce soil drying effect which is favorable for both rice growth and machine operation, and make it possible to grow second crops in winter.

There have been some new developments in recent years in relation to the practical application of underdrains. Machines have been introduced in laying pipes and a new material, PVC, has come into use for the pipes. PVC has several advantages when used for subsurface drainage pipes;

- 1) PVC is resistive to both acid and alkali. PVC pipes are uniform in quality.
- 2) PVC pipes are light in weight and reasonably elastic so that they are easy to work. Moreover they are adaptive to full mechanization of placing.
- 3) The pipes will come in any shape or in any size. For example, even those smaller than 4 cm in diameter are available.
- 4) Infiltration is uniform along the whole length of the pipes, and, by protecting them with glass fiber mat or plastic fiber mat, as is a usual practice, it will be considerably increased.

As for the make of available PVC pipes, the outside diameter is from 40 to 90 mm, the thickness from 1 to 1.4 mm and the length from 2.5 to 6 m. Perforation intervals of the slits or holes are decided with the total seepage area (7.5 sq. cm) per unit length which is approximately two times that (3.5 sq. cm) of tile drains with joint parts (outside diameter ... 10 cm).

The dimensions of slits or holes used in the following tests are;

- Single slit..... 30mm×1mm
- Double slits..... 30mm×0.5mm
- Cross slit..... 12.5mm×1.5mm and 10mm×1.5mm
- Circular hole ... 3.5mm in diameter.

To lead water to the openings of the pipes and to prevent soil from entering, glass fiber mat or plastic fiber mat is used to wrap the pipes.

The results of the material tests are summarized as follows:

- 1) As for the number of the openings of the PVC pipes from 40 to 50 mm in diameter, 25 slits per lengthwise meter was found enough for 30 mm × 1 mm single slit. For the pipes more than 70 mm in diameter, 37.5 slits permitted enough drainage efficiency.
- 2) The amount of the protecting material per square meter in covered area of pipes should be more than 80 grams for the mat of 16 μ glass fiber and 40 grams for that of 20 denier plastic fiber.
- 3) Manning's roughness coefficient of the PVC pipes is 0.008 when flow velocity is over 30 cm/sec.
- 4) With PVC pipes 1 mm thick, vertical strain due to a load which is equal to earth pressure at 1 m depth and vehicle weight is 2 to 3 mm on a 45 mm diameter pipe and nearly 6 mm on a 90 mm diameter pipe.